

А. Е. СВЯТЛОВСКИЙ

О ПРИМЕНЕНИИ ГЕОМОРФОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ
ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О РАЗВИТИИ РЕЛЬЕФА
В РАЙОНЕ НОВЕЙШЕГО ВУЛКАНИЗМА ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

В вулканологии вопросы морфологического анализа обычно остаются на заднем плане. Внимание вулканологов в основном сосредоточено на описании вулканических процессов и выяснении их динамики (эруптивные циклы, энергетика извержений и т. д.). Заниматься вопросами морфологического анализа более свойственно геоморфологам, а не вулканологам.

Имеется значительное количество работ, посвященных вопросам морфологии вулканических областей. Большинство из них содержит морфологическое описание отдельных вулканических сооружений, вне связи их формирования с общим развитием рельефа вулканических областей, протекающим на фоне региональных тектонических движений.

В отечественной литературе общие соображения по вопросу о связи вулканических извержений с определенными типами тектонических движений и с развитием рельефа высказаны Левинсон-Лессингом, Рентгар-теном, Паффенгольцем, Варданьянцем и др.

Современный рельеф в молодых геосинклинальных областях с проявлениями новейшего вулканизма образован под влиянием явлений вулканизма, тектоники и денудации.

Поэтому геоморфологический метод позволяет на основании изучения форм рельефа выявить роль отдельных рельефообразующих факторов и в формировании рельефа установить их последовательность и определить время проявления.

В ряде случаев нельзя провести четкой границы между вулканизмом и тектоникой. Это подчеркивают Клосс, Полканов и Бубнов, которые считают, что вулканизм можно рассматривать как тектонику пластичных масс земной коры (Клосс, Полканов), а тектонику — как вулканизм твердых масс земной коры (Бубнов). Это подтверждается также примером тектонических и вулканических землетрясений, образующих между собою постепенные переходы.

Двойственность движений земной коры заключается в том, что перемещение вещества земной коры происходит в разных состояниях — твердом и жидком.

Вулканизм является процессом поднятия вещества земной коры в расплавленном виде, происходящим одновременно с перемещением твердых масс земной коры и опережающим последние при поднятии в виде вулканических извержений в областях современного вулканизма.

Тектоническое поднятие и вулканизм характеризуются общей направленностью и создают условия, при которых процессы поднятия страны преобладают над ее денудацией.

Эндогенный рельеф геосинклинальной вулканической области начинает формироваться при поднятии горстово-антиклинальной структуры и росте аккумулятивных вулканических сооружений. Одновременно вступают в действие противоположно направленные экзогенные факторы, ведущие в процессе поднятия к расчленению и выравниванию рельефа района путем вреза речных долин, разрушения возвышенностей и заполнения вновь образованных впадин продуктами денудации (глубинная и площадная эрозия).

При этом вопрос о возрасте и последовательности вулканических извержений часто остается открытым вследствие того, что извержения происходят на ограниченных участках на разной высоте над уровнем моря, причем продукты извержений при отложении не соприкасаются и не переслаиваются с фаунистически охарактеризованными отложениями.

В таких случаях возраст вулканического извержения можно установить только определив возраст поверхности, покрытой продуктами извержений.

Относительный возраст вулканических извержений определяется наиболее просто тогда, когда продукты их занимают самые молодые по происхождению пониженные участки эрозионного рельефа, например, долины рек. Возраст коррелятных отложений позволяет хорошо датировать начало и конец вулканической деятельности.

Относительный возраст вулканических отложений может быть определен также по степени эродированности вулканических сооружений. Это основано на том, что во время вулканических извержений формирующийся вулканогенный рельеф характеризуется совпадением топографической и геологической поверхностей.

После прекращения вулканической деятельности, в результате эрозии вулканогенного рельефа, создаются новые морфологические особенности района, причем совпадение топографической и геологической поверхностей вулканических отложений нарушается, и первая поверхность опускается ниже второй.

Глубина и форма эрозионных поверхностей характеризует тип эрозии и ее длительность и попутно отражает направленность тектонических процессов; при поднятии лавовых плато увеличивается скорость эрозии.

Часто вопрос об определении относительного возраста вулканических извержений можно решать при помощи изучения тектонических нарушений. Тектоника в форме дизъюнктивных нарушений образует разрывы и ступенчатость первичных форм вулканогенного рельефа, изменяя уровень первичного залегания и нарушая единство геологической поверхности вулканических отложений. Вулканогенная тектоника, создавая кальдеры опускания и другие формы рельефа, увеличивает контрастность рельефа, ускоряя темп эрозии и направляя ее пути.

Следовательно, по формам рельефа мы можем делать также заключение о наличии в районе тектонических и вулканотектонических нарушений.

Исследуя путем геоморфологического анализа движения земной коры в вулканических областях, мы находим зависимость между расположением, структурой и возрастом вулканов и тектоническими структурами области в их развитии; иными словами, мы познаем связь вулканических процессов с горообразованием.

Изучение областей действующих вулканов, расположенных на окраинах нашей страны, до Великой Октябрьской социалистической революции

не могло быть эффективным. Только при советской власти началось систематическое изучение вулканизма Камчатки, а в последние годы — вулканов Курильских островов.

За сравнительно недолгое время изучение вулканов и областей активного вулканизма в значительной степени продвинулось вперед. О крупных успехах, достигнутых советской наукой в анализе развития структур земной коры в областях современного вулканизма, говорил академик А. Н. Заварицкий в своем докладе на совещании по методам изучения движения и деформации земной коры. О роли вулканизма в структурном развитии земной коры А. Н. Заварицкий (1948) сказал следующее: «Особенностью вулканических областей с интересующей нас сейчас точки зрения является то, что в этих областях движения твердых масс земной коры нельзя отделить и даже нельзя рассматривать отдельно от движения магматических масс, являющихся здесь лишь особыми, исключительно подвижными участками среди земной коры».

2. КРИТИКА ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В. ДЕВИСА О РАЗВИТИИ РЕЛЬЕФА ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ

Американский геоморфолог Девис иллюстрировал свои представления о развитии рельефа вулканической области серией из восьми блок-диаграмм (Dewis, 1912).

Девис подошел к рассмотрению вопроса о развитии рельефа вулканической области с тех же ошибочных позиций, которые свойственны его концепции развития рельефа и для невулканических районов.

Взгляды Девиса в свое время сыграли большую роль в развитии геоморфологии. Ныне они уже не соответствуют современному уровню советской науки, но, несмотря на тридцатилетнюю давность, имеют еще распространение. В советской геоморфологической литературе научные взгляды Девиса неоднократно подвергались глубокой критике (Б. Л. Личков, К. К. Марков и др.). Сейчас уже ясно, что учение Девиса порочно в своих методологических основах, как построенное на антидиалектических принципах.

Рассмотрение и критика взглядов Девиса в частных вопросах общей геоморфологии позволяют подойти к общему решению геоморфологических проблем на основе диалектического метода.

Применительно к изучению развития рельефа областей современного вулканизма, насколько нам известно, критики взглядов Девиса произведено не было. Его схемы, иллюстрирующие развитие рельефа вулканических областей, еще можно найти на страницах учебников по геоморфологии. В этом большую роль играл недостаток фактических знаний об областях современного вулканизма, который объясняется, как уже указывалось выше, односторонним подходом многих зарубежных вулканологов (Джаггар, Фридендер и др.) к проблемам вулканизма, а также недостаточным знакомством многих геоморфологов с районами четвертичного эффузивного вулканизма.

Главным недостатком представлений Девиса об эволюции рельефа вулканической области является отрыв вулканизма от тектонических процессов развития земной коры. Это объясняется недостаточностью данных о взаимосвязи между вулканизмом и тектоникой. Девис рассматривает вулканизм как случайное явление, обусловленное временной связью земной поверхности с магматическим очагом, откуда происходит вулканическое излияние. Поэтому вулканизм рассматривается как в известной степени не зависящий от общего развития земной коры процесс, который является лишь помехой в ходе нормального эрозионного цикла.

Для того чтобы конкретизировать взгляды Девиса, рассмотрим его блок-диаграммы (схемы I и II, фиг. 1—8), иллюстрирующие развитие форм земной поверхности во время вулканической деятельности (Dewis, 1912).

На первой блок-диаграмме (фиг. 1) изображен поднятый пенеплен, представляющий собою плосковершие округлые возвышенности, разделенные системой плоскодонных долин; разница высот 460 м. Общее поднятие страны произошло до начала вулканических извержений.

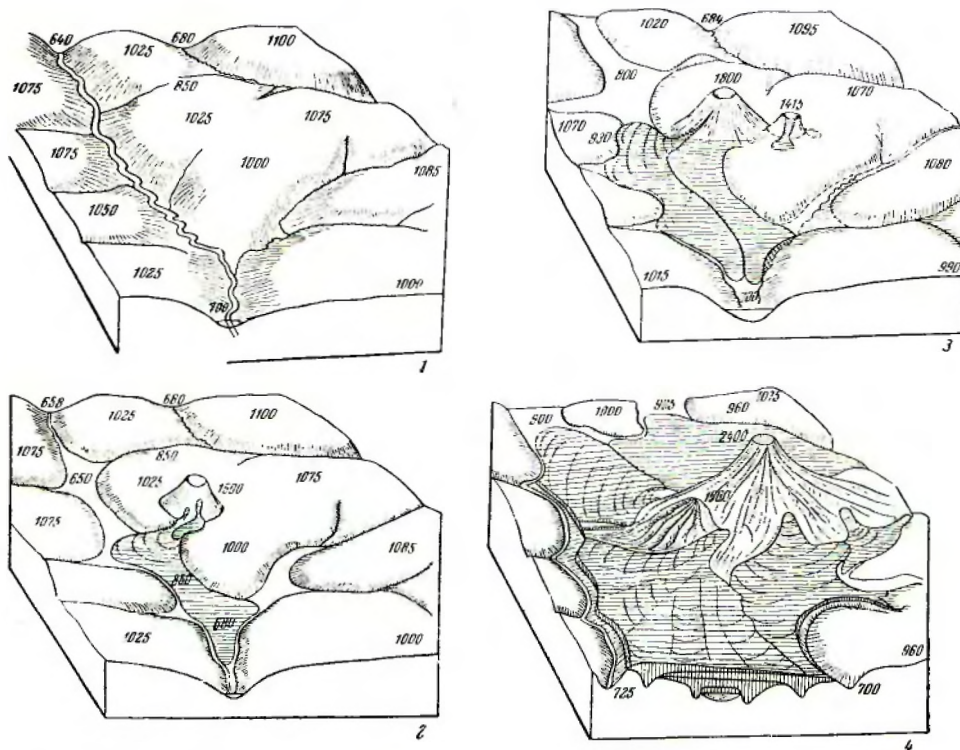


Схема I (фиг. 1—4). Развитие рельефа вулканической области, по Девису.

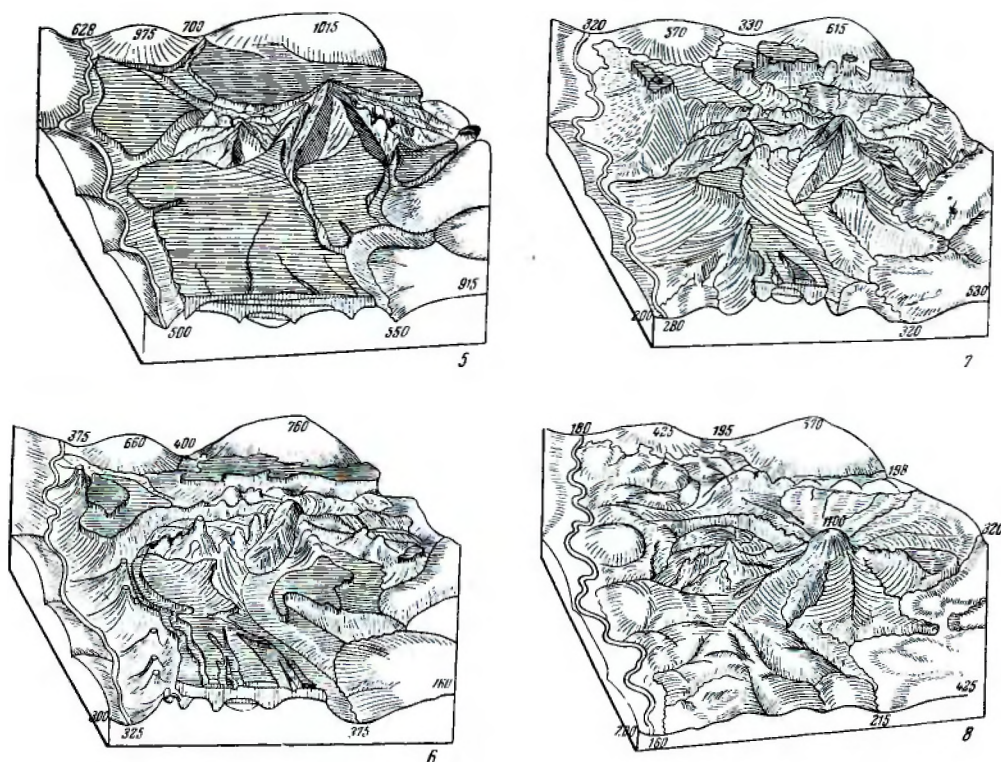
На второй блок-диаграмме (фиг. 2) показано возникновение вулканических извержений в начале эрозионного цикла. Рельеф и высота пенеплена остаются стабильными. Изменение в рельефе происходит в результате роста вулканического конуса (1600 м) и излияния лавовых потоков, заполняющих речные долины.

Третья блок-диаграмма (фиг. 3) показывает продолжающиеся излияния и возникновение рядом с первым вулканом второго. В результате эрозии, происходящей при постоянном базисе, общая высота пенеплена понижается, и разница в высотах страны (не считая вулканогенного рельефа) снижается до 410 м. Высота вулкана достигает 1800 м.

Из четвертой блок-диаграммы (фиг. 4) видно, что первый вулкан прекратил извержение. Соседний вулкан вырос в большой (2400 м). Территория вокруг вулканов залита лавовыми потоками, образующими плоскогорья, лежащие на одной высоте с плосковершиями возвышенностями пенеплена. В подпруженных потоками долинах образуются озера. Реки прокладывают новые пути в обход лавовых потоков (инверсия рельефа). Лавовые излияния выравнивают рельеф, заполняя его впадины и долины рек. Контрасты рельефа создаются благодаря образованию

вулканического конуса и врезывания речных долин. Высота окружающих вулкан возвышенностей понижается вследствие эрозии, и разница в высотах пенеплена снижается до 375 м.

Пятая блок-диаграмма (фиг. 5) говорит об окончании вулканических излияний. Происходит деструкция продуктов вулканических излияний. Вулкан прорезан системой радиальных долин, и лавовые плато глубоко расчленены ими. Роль вулканических потоков в выравнивании рельефа прекращается, в результате чего разница в высотах пенеплена повышается до 515 м, но контрасты рельефа уменьшаются, так как высота вулкана понизилась вследствие эрозии.



С х е м а II (фиг. 5—8). Развитие рельефа вулканической области, по Девису.

Шестая блок-диаграмма (фиг. 6) показывает продолжение расчленения и эрозии продуктов вулканических излияний. Общий процесс выравнивания рельефа при быстро идущей эрозии вновь понижает разницу в высотах пенеплена до 435 м. Лавовые плато в процессе расчленения превращаются в мезы.

Седьмая блок-диаграмма (фиг. 7) иллюстрирует быструю деструкцию вулкана. На месте вулканических конусов остаются лавовые скалы — «пробки». Столовые горы, окружающие развалины вулкана, разрушаются, и рельеф эродированного лавового плато подножия вулкана становится похожим на плосковершие возвышенности окружающего района. Контрасты высот падают до 335 м.

Восьмая блок-диаграмма (фиг. 8) характеризует дальнейшую стадию эрозионного понижения рельефа. Образуется выравненный рельеф отдельных возвышенностей, среди которых поднимаются две вулканические скалы — «пробки» и дайки, отпрепарированные эрозией.

Так заканчивается, по представлениям Девиса, эрозионный цикл, и поднятый пенепплен, на котором происходили вулканические излияния, превращается в холмистую равнину, расположенную невысоко над уровнем моря.

При рассмотрении блок-диаграмм Девиса можно установить основные принципы, из которых он исходил.

1. Вулканические извержения начинаются на поднятом пенепплене.
2. Поднятие пенепплена происходило столь быстро, что он во время поднятия еще не успел подвергнуться эрозии.

3. Вулканические излияния происходили при таком развитии рельефа, когда денудация создавала его понижение.

4. Вулканическая деятельность проявляется в начале эрозионного цикла общего нивелирования рельефа и заканчивается до окончания эрозионного цикла.

5. Рельеф вулканической области формируется при постоянном базисе эрозии.

6. Вулканические излияния рассматриваются как явление случайное, нарушающее ход нормального эрозионного цикла и удлиняющее последний.

7. Развитие рельефа вулканической области рассматривается как замкнутый цикл, в конце которого рельеф вновь принимает облик первоначальной равнины.

В основе представлений Девиса о развитии рельефа вулканической области лежит главная предпосылка, принятая им при анализе форм земной поверхности. Она заключается в том, что развитие эрозионного цикла начинается после поднятия пенепплена. Эта предпосылка позволяет Девису рассматривать эволюцию рельефа по стадиям: юность, зрелость и старость рельефа. При этом после омоложения рельефа путем поднятия происходит вновь повторение процесса.

Этот принцип замкнутого цикла развития рельефа является антидиалектическим и приводит к ряду ошибочных положений.

Во-первых, Девис отрицал тот путь развития рельефа, когда поднятие страны преобладает над эрозией, и в его представлениях отсутствует связь между эволюцией рельефа и геотектоническим развитием страны.

Во-вторых, Девис исходил из положения, что тектонические движения происходят прерывисто (катастрофично) и между периодами быстрого поднятия наступает тектонический покой, во время которого начинают действовать эрозионные факторы.

В представлениях Девиса не учитывалась связь тектонических поднятий с развитием крупных структурных форм земной коры. Это происходило потому, что, по Девису, пенепплен, поднятие которого является началом эрозионного цикла, играет главным образом морфологическое значение.

Пенепплен не рассматривается в качестве развивающейся тектонической структуры, и его поверхность, лишенная границ структуры, может быть легко продолжена на любое расстояние в горизонтальном направлении.

Как известно, одним из главных упреков, сделанных В. Девису его научными противниками, например, Пассарге (Passarges, 1921), является отсутствие точных представлений об исходных формах рельефа страны, представляющей объект эрозионного цикла, а также неясность роли тектоники, являющейся другим важным фактором рельефообразования. Неопределенное значение этих двух решающих факторов рельефообразования ставит под сомнение правильность конкретных представлений о направлении развития эрозионного рельефа и о соответствии

Дедуктивных представлений о стадиях эрозионного цикла с фактическим путем рельефообразования.

Критическое рассмотрение представлений Девиса о развитии рельефа вулканической области на основе изучения развития рельефа в районе новейшего вулканизма геосинклинальной области дает основание считать, что схема Девиса не может быть применена для геосинклинальной вулканической области и, следовательно, не может считаться общепринятой, к доказательствам чего мы перейдем ниже.

3. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РЕЛЬЕФА ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОЙ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ

Анализ развития рельефа рассматриваемой вулканической области позволяет сделать вывод, что эта область может служить классическим примером развития рельефа, когда поднятие страны происходит быстрее эрозии, и все основные факторы рельефообразования, действующие взаимосвязанно, — тектоника, вулканизм и эрозия — приводят к формированию горной страны.

На основе изучения геологического развития районов новейшего вулканизма геосинклинальной области и формирования их рельефа, мы приходим к выводу, что вулканическая деятельность в этой области участвует в процессе общего поднятия страны и вследствие этого вместе с тектоническим поднятием является причиной образования контрастного горного рельефа геосинклинальной вулканической области.

В противоположность взглядам Девиса мы на основании изучения Камчатской вулканической области и литературных данных выдвигаем следующие положения, характеризующие основные черты развития рельефа геосинклинальной вулканической области.

1. Вулканические извержения начинаются при низком положении вулканической области над уровнем моря и сопровождают ее поднятие.

2. Эрозия вулканической области начинается одновременно с поднятием.

3. Вулканические излияния происходят при поднятии, протекающем быстрее, чем эрозия.

4. Вулканическая деятельность возникает в начале поднятия и заканчивается в конце его, при формировании высокогорной страны среди геосинклинальной области.

5. При формировании рельефа района общее тектоническое поднятие района преобладает над эрозионным понижением (базис эрозии понижается).

6. Процессы вулканизма тесно связаны со структурным развитием района и сопровождают особые формы тектонических нарушений: а) контрастные тектонические движения регионального масштаба; б) локальные типы вулканотектонических движений (вулканотектонические депрессии, кальдеры опускания, эксплозивные грабены, секторные грабены и пр.).

7. Рельеф района новейшего вулканизма в процессе развития из лавовых плато преобразуется в горную страну.

В вулканических областях альпийского орогенеза образование исходного рельефа происходило в результате площадных вулканических излияний.

Таким образом, исходной формой рельефа, образованной в начале субэарального развития рельефа области, являлось лавовое плато.

Вторую особенность рельефообразования в областях активного вулканизма геосинклинальной области представляет определенный тип

тектонических движений, характеризующийся поднятием орогена и развитием вулканогенной тектоники. Этот регионально выраженный тип тектонических движений, связанный со структурным развитием вулканической зоны, обуславливает образование такого типа рельефа, при формировании которого скорость поднятия гор опережает скорость их разрушения. Эти две особенности в развитии современных вулканических зон позволяют исследовать роль экзогенного фактора рельефообразования, устранив неясность в толковании других факторов (первоначального рельефа и тектоники).

Наконец, еще одной особенностью районов четвертичного вулканизма, облегчающей морфологический анализ, является единство топографической и геологической поверхностей свежих форм вулканогенного рельефа. Благодаря этому можно анализировать формы скульптурного рельефа вулканической области на основе изучения геологической структуры вулканогенного рельефа, так как при эрозии вулканогенного рельефа одновременно происходит и нарушение геологической структуры вулкана.

Указанные особенности вулканогенного рельефа чрезвычайно облегчают морфологический анализ в областях новейшего вулканизма и делают их исключительно важным объектом геоморфологических исследований для правильного понимания общих процессов развития рельефа.

Наши представления о развитии рельефа геосинклинальной вулканической области иллюстрируются серией из четырех блок-диаграмм (схема III, фиг. 1—4), показывающих, что развитие рельефа протекает в обстановке постепенно замирающей вулканической деятельности на фоне непрерывного поднятия страны.

Две первые блок-диаграммы изображают первый период вулканических извержений, происходящих в кальдере опускания среди лавовых плато, образованных андезито-пирокластической толщей.

В третьей блок-диаграмме показывается рельеф кальдеры вулкана в начале послеледникового периода.

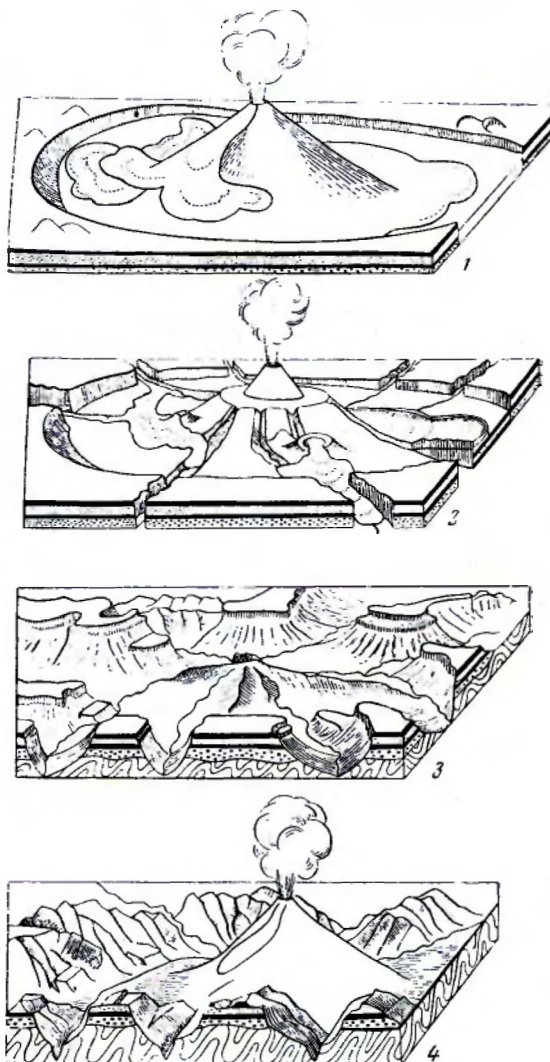


Схема III (фиг. 1—4). Развитие рельефа вулканической области, по А. Е. Святловскому.

Четвертая блок-диаграмма иллюстрирует облик кальдерной котловины вулкана во время второго периода вулканических излияний центрального типа в послеледниковое время.

Рассмотрим каждую из этих блок-диаграмм.

1. Лавовое плато, образованное массовыми вулканическими излияниями, происходящими в субаэральных условиях, и лежащее невысоко над уровнем моря. Мелкие вулканические конусы, сохранившиеся на поверхности плато, являлись центрами излияний лавовых покровов. В кальдере опускания с диаметром в несколько километров поднимается стратовулкан. Кальдера образовалась недавно, и сбросовые обрывы, окружающие ее, еще не затронуты эрозией. Высота стенок кальдеры достигает 200—250 м.

В восточной зоне Камчатки вулканом, соответствующим этой стадии развития рельефа, является Карымский действующий вулкан.

2. Вторая блок-диаграмма схематически иллюстрирует следующую стадию развития вулканогенного рельефа. Лавовые плато вследствие постепенного поднятия достигают высоты до 1 км. Они прорезаны глубокими каньонами, в которые по расчлененным склонам вулкана, расположенного в кальдере, из побочных кратеров стекают лавовые потоки. Из вершинного кратера лавы изливаются редко, и он характеризуется эксплозивной деятельностью.

Из действующих вулканов Камчатки на соответствующей стадии развития находится вулкан Горелый, расположенный у южных склонов Южно-Быстринского хребта.

3. Третья блок-диаграмма иллюстрирует рельеф района в начале позднеледникового времени. Вследствие общего поднятия страны лавовые плато расчленены глубокими долинами на отдельные столовые горы—мезы.

Деятельность ледников деформировала склоны каньонов, превратив их в троговые долины. Вулканические излияния внутри кальдеры прекратились; вулкан благодаря эрозии сильно разрушен. Уцелело лишь несколько гребней, звездообразно расходящихся от вершины.

Кальдера превратилась в эрозионную котловину, внутри которой сохранились небольшие участки лавового плоскогорья доледникового возраста, расположенные в разных участках котловины в виде отдельных столовых гор.

Во время послеледникового оживления вулканизма Камчатки в восточной вулканической зоне на развалинах древних вулканических сооружений были образованы новые стратовулканы.

4. Четвертая блок-диаграмма. На развалинах древнего вулкана в кальдерной котловине возник молодой вулкан. Его лавовые потоки облекли более древние эрозионные формы рельефа, образованного при участии древнего оледенения.

Столовые горы, окружавшие котловину в предыдущую стадию развития рельефа, теперь превращены эрозией в скалистые хребты.

Небольшие столовые горки, образованные благодаря эрозии внутри-кальдерного лавового плоскогорья, возникшего в результате доледниковых базальтовых излияний, сохранились в отдельных участках кальдерной котловины. Деятельность стратовулкана прекратилась сравнительно недавно, что подтверждается сохранившимися на его склонах лавовыми потоками, почти не затронутыми эрозией. На соответствующей стадии развития рельефа находится вулкан Бакенин в Восточном Камчатском хребте.

Эти схематические блок-диаграммы иллюстрируют наши представления о развитии новейшего вулканизма и рельефа в восточнокамчатской вулканической области.

Таким образом, формирование горной страны происходит эрозионным путем из тектонически поднимающихся лавовых плато при замирающей вулканической деятельности и усиливающейся эрозии, в течение двух циклов кальдерных вулканических извержений. Кальдера превращается в эрозионную котловину, среди которой возвышаются послеледниковые вулканические образования, окруженные скалистыми горами.

В геосинклинальных областях бок о бок расположены зоны тектонического поднятия и опускания. Вулканические излияния протекают в зонах тектонического поднятия, увеличивая контрасты рельефа геосинклинальной области.

ЛИТЕРАТУРА

- Заварицкий А. Н. Об изучении движений земной коры на Камчатке. Тр. Совещания по методам изучения движений и деформаций земной коры. М., 1948.
Dewis W. M. Die erklärende Beschreibung der Landformen (Practische Übungen), 1912.
Passarges. Vergleichende Landschaftskunde, 1921.
-